

00684.003281.



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
: Prior Examiner: Unassigned
Masakatsu OTA et al.)
: Prior Group Art Unit: 2872
Application No.: 09/986,303)
:
Filed: November 8, 2001)
:
For: PROJECTION EXPOSURE) February 27, 2002
: APPARATUS AND DEVICE)
: MANUFACTURING METHOD)
: USING THE SAME)

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Sir:

In support of Applicants' claim for priority under 35 U.S.C. § 119, enclosed is a
certified copy of the following foreign application:

JAPAN 2000-344474, filed November 10, 2000.

Applicants' undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C., office by
telephone at (202) 530-1010. All correspondence should continue to be directed to our address
given below.

Respectfully submitted,

Attorney for Applicants
Steven E. Warner
Registration No. 33,326

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200
SEW/eab

RECEIVED
FEB 1 2002
TC 2000 MAIL ROOM

BJ
4-11-02



日

本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

CHE 328/US (1/1)

344474./2000

U.S. App'n. No 09/986,303

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年11月10日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-344474

出 願 人

Applicant(s):

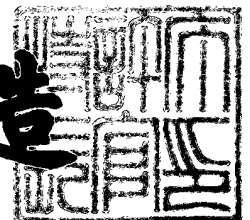
キヤノン株式会社

RECEIVED
MAR 1 2001
TC 2500 MAIL ROOM

2001年11月30日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3105265

【書類名】 特許願

【整理番号】 4353007

【提出日】 平成12年11月10日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01S 3/034

【発明の名称】 投影露光装置及びデバイス製造方法

【請求項の数】 11

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

 【氏名】 太田 正克

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

 【氏名】 佐野 直人

【特許出願人】

 【識別番号】 000001007

 【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

 【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

 【識別番号】 100086818

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 高梨 幸雄

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 009623

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703877

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 投影露光装置及びデバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 連続発振するエキシマレーザからのレーザ光で照明したレチクルのパターンを投影光学系により基板上に投影する投影露光装置において、前記投影光学系を実質的に単一の硝材より成るレンズ系で構成すると共に前記レーザ光の波長変化に応じて前記投影光学系の光学特性を調整する手段を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項 2】 前記調整手段は、前記レーザ光の波長変化に伴う前記投影光学系の光学特性の変化を補正する手段を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の投影露光装置。

【請求項 3】 前記調整手段は、前記レーザ光の波長を検出する検出手段を有することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の投影露光装置。

【請求項 4】 前記調整手段は、前記投影光学系の 1 以上のレンズ若しくはレチクル若しくはウエハのうちの少なくとも一つを前記投影光学系の光軸方向に移動させるか、傾けるか、平行偏心（レンズの場合）させるか、又はレンズ間の密閉空間の気圧を変化させることによって投影光学系の光学特性を調整することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の投影露光装置。

【請求項 5】 前記レチクルを矩形又は円弧スリット状の光束で照明し、前記スリット状光束及び前記投影光学系に対して前記レチクルと前記基板を走査することを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の投影露光装置。

【請求項 6】 前記レーザ光の波長スペクトルの半値幅は 0.1pm 以下であり、線幅 0.13 μm の像を形成可能であることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の投影露光装置。

【請求項 7】 前記レーザ光の波長スペクトルの波長幅は 0.08pm 以下であり、線幅 0.09 μm の像を形成可能であることを特徴とする請求項 6 に記載の投影露光装置。

【請求項 8】 前記エキシマレーザは ArF エキシマレーザであり、前記硝材は SiO₂であることを特徴とする請求項 6 または請求項 7 に記載の投影露光装置

。

【請求項 9】前記エキシマレーザは F2エキシマレーザであり、前記硝材は C a F2または B a F2または M g F2であることを特徴とする請求項 6～8 のいずれか 1 項に記載の投影露光装置。

【請求項 1 0】前記レンズ系は 10 枚以上のレンズを含み、前記基板側から数えて 1～2 枚は C a F2または B a F2または M g F2であることを特徴とする請求項 8 に記載の投影露光装置。

。

【請求項 1 1】 請求項 1～1 0 のいずれか 1 項に記載の投影露光装置を用いてデバイスパターンで基板を露光する段階と、該露光した基板を現像する段階とを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、投影露光装置及びデバイス製造方法に関し、例えば I C や L S I 等の半導体デバイスや C C D 等の撮像デバイスや液晶パネル等の表示デバイスや磁気ヘッド等のデバイスを製造するためのフォトリソグラフィ工程でレチクル上のパターンを感光性の基板上に連続発振するエキシマレーザを用いて投影露光を行なう投影露光装置及びデバイス製造方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

半導体デバイスや液晶パネル等のデバイスをフォトリソグラフィ技術を用いて製造する際の光源手段として連続発振するエキシマレーザを用いた投影露光装置が特開平 1 0 - 1 6 3 5 4 7 号公報に記載されている。

【0 0 0 3】

同公報ではレチクルを照明する照明光学系に回転拡散板を使用してスペckルパターンを除去するインコヒーレント化系を搭載することを示している。

【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、同公報は、レチクルの回路パターンを投影する投影光学系にどのような構成を採るべきか示していない。

【0 0 0 5】

連続発振エキシマレーザは波長スペクトルの半値幅がパルス発振エキシマレーザよりも狭いので、要求される解像度が $0.2\mu\text{m}$ より小さいにも係わらず、投影光学系を単一の硝材より成る単色の（色収差補正をしない）レンズ系とすることが考えられる。しかしながら連続発振エキシマレーザは発振波長が変動するので、単色のレンズ系を用いると、レーザ光の波長の変動に伴うレンズ系の光学特性（倍率、焦点位置、収差等）の変動が生じ、レチクルの回路パターンをウエハ上に正しく投影することができないという問題がある。

【0 0 0 6】

本発明は、光源手段に連続発振するエキシマレーザを用い、投影光学系に単色のレンズ系を用いても、レチクルのパターンを正確に基板上に投影することができる投影露光装置及びデバイス製造方法の提供を目的とする。

【0 0 0 7】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本願第1発明は、連続発振するエキシマレーザからのレーザ光で照明したレチクルのパターンを投影光学系により基板上に投影する投影露光装置において、前記投影光学系を実質的に単一の硝材より成るレンズ系で構成すると共に前記レーザ光の波長変化に応じて前記投影光学系の光学特性を調整する手段を有することを特徴とする。

【0 0 0 8】

また、本願第2発明は、第1発明において、前記調整手段は、前記レーザ光の波長変化に伴う前記投影光学系の光学特性の変化を補正する手段を含むことを特徴とする。

【0 0 0 9】

また、本願第3発明は、第1及び第2発明において、前記調整手段は、前記レーザ光の波長を検出する波長検出手段を有することを特徴とする。

【0 0 1 0】

また、本願第4発明は、第1～第3発明において、前記調整手段は、前記投影光学系の1以上のレンズ若しくはレチクル若しくはウエハのうちの少なくとも一つを前記投影光学系の光軸方向に移動させるか、傾けるか、平行偏心（レンズの場合）させるか、又はレンズ間の密閉空間の気圧を変化させることによって投影光学系の光学特性を調整することを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

また、本願第5発明は、第1～第4発明において、前記レチクルを矩形又は円弧スリット状の光束で照明し、前記スリット状光束及び前記投影光学系に対して前記レチクルと前記基板を走査することを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

また、第6発明は、第1～第5発明において、前記レーザ光の波長スペクトルの半値幅は0.1pm以下であり、線幅0.13 μ mの像を形成可能であることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

また、本願第7発明は、第6発明において、前記レーザ光の波長スペクトルの波長幅は0.08pm以下であり、線幅0.09 μ mの像を形成可能であることを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

また、本願第8発明は、第7発明において、前記エキシマレーザはArFエキシマレーザであり、前記硝材はSiO₂であることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

また、本願第9発明は、第6～第8発明において、前記エキシマレーザはF₂エキシマレーザであり、前記硝材はCaF₂またはBaF₂またはMgF₂であることを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

また、本願第10発明は、第8発明において、前記レンズ系は10枚以上のレンズを含み、前記基板側から数えて1～2枚はCaF₂またはBaF₂またはMgF₂であることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

また、本願第 1 1 発明は、第 1 ～ 第 1 0 発明かのいずれかの投影露光装置を用いてデバイスパターンで基板を露光する段階と、該露光した基板を現像する段階とを含むことを特徴とするデバイス製造方法である。

【 0 0 1 8 】

【発明の実施の形態】

図 1 は、本発明の投影露光装置の実施形態 1 を示す概略図である。本実施形態は半導体素子、液晶素子、撮像素子或いは磁気ヘッドなどのデバイスを製造する際に使用する、ステップ&スキヤン型の走査型投影露光装置（解像度 $0.13\mu\text{m}$ 以下）に適用した場合を示す。

【 0 0 1 9 】

図 1 において、1 は連続発振が可能な Ar F エキシマレーザ（波長スペクトルの中心波長 193nm 、半値幅 0.2m 以下、好ましくは 0.1pm 以下）、5 はハーフミラー（半透過鏡）、2 はレーザ 1 からのレーザ光で回路パターンが形成されたレチクル Re を照明する照明光学系、3 はレチクル Re の回路パターンの縮小像をウエハ W 上に縮小投影する投影光学系で、実質的に単一の硝材より成るレンズ系で構成してある。4 はウエハ W を保持して動く可動ステージを示す。

【 0 0 2 0 】

図 1 の投影露光装置は、ウエハ W 上の各ショット領域に対し、レチクル Re を断面形状が矩形または円弧のスリット状の照明光で照明し、この照明光のスリット状断面の幅方向に関して、レチクル Re とウエハ W を、投影光学系 3 の光軸と直交する方向に、互いに逆向きに、投影光学系 3 の投影倍率と速度比で走査することにより、レチクル Re の回路パターンをウエハ W のショット領域に投影露光する。

【 0 0 2 1 】

図 1 中、5 は半透過鏡、6 は半透過鏡 5 で反射されたレーザ光の一部の光を受光して、レーザ光の波長を検出する波長計（第 1 波長モニタ）、7 は波長計 6 の出力を受け、それが示す現在の波長の設計波長からのずれを検出し、このずれ量が原因となって、変化する投影光学系 3 の光学特性の変化を第 2 演算器 8 によっ

て調整している。調整する方法としては、投影光学系の複数のレンズ、可動ステージ等を光軸方向に移動させたり、レンズ間の密閉空間の気圧を変えたり、空気の屈折率と異なる屈折率の気体をレンズ間の密閉空間に注入する方法等が適用できる。

【 0 0 2 2 】

本実施形態ではこれにより、単色のレンズ系である投影光学系 3 においてレーザー光の波長変動に基づく光学特性（倍率，焦点位置，収差等）の変動が生じるのを防止でき、レチクル R e の回路パターンを正確にウエハ W 上に投影できる。

【 0 0 2 3 】

尚第 2 演算器 8 は、この他不図示の各種センサーの出力を評価して温度、湿度、気圧、光学部材の熱吸収等によって変動する投影光学系 3 の光学特性（倍率，焦点位置，収差等）の変化を補正しても良い。例えば複数のレンズ、可動ステージ 4 を光軸方向に移動させたり、光学部材を偏心させたり、レンズ間の密閉空間の気圧を変えたりして、光学特性の補正を行なう。本実施の形態においては、これらの補正手段以外にも公知の様々な光学特性補正手段が使用できる。

【 0 0 2 4 】

図 2 は、図 1 の連続発振エキシマレーザー 1 の概略図である。1 0 1 は、励起用のガスが封入され高速循環されるレーザーチャンバ、1 0 3 はマイクロ波をレーザーチャンバに導入する誘電体、

1 0 4 はマイクロ波を導波するマイクロ波導波管、

1 0 5 は、マイクロ波を供給するマイクロ波発振源である。

【 0 0 2 5 】

1 0 6 a は出力ミラーであるハーフミラー、1 0 6 b はミラー、

1 0 9 はシャッター、1 1 0 は、マイクロ波発振源 1 0 5、シャッター 1 0 9 を制御する制御系である。ハーフミラー 1 0 6 a とミラー 1 0 6 b で、エキシマレーザー 1 の光共振器を構成している。

【 0 0 2 6 】

次に動作について説明する。

【 0 0 2 7 】

マイクロ波発振源 1 0 5 からのマイクロ波は、マイクロ波導波管 1 0 4 によって導波され、誘電体 1 0 3 を介してレーザチャンバ 1 0 1 内のエキシマレーザガスを連続励起する。励起されたエキシマレーザガスからの光は、ミラー 1 0 6 a, b で反射してレーザチャンバ 1 0 1 に戻り、励起されたエキシマレーザガスで誘導励起発光し、その光がハーフミラー 1 0 6 a とミラー 1 0 6 b で構成される光共振器（レーザ共振器）内を往復しながら順次誘導放出することにより、所定の波長の光のみが増幅する。そして、増幅された光の一部がハーフミラー 1 0 6 a 介して出力される。

【 0 0 2 8 】

図 3 は図 1 の照明光学系 2 の構成を示すブロック図である。図 3 の照明光学系 2 は、レチクルのパターンの種類（寸法や形状や構造）に応じて照明モード（有効光源の形状や大きさ）を選択できる、複数の照明モードを有する照明光学系である。

【 0 0 2 9 】

図 3 において、図 1 のエキシマレーザ 1 からのレーザ光は偏光制御系 2 1 によって少なくとも 2 光束に分割されて、例えば 2 光束の場合には、互いに偏光方向が直交する 2 光束になる。この 2 光束の合成された光であるレーザ光は断面強度分布均一化系 2 2 によってその断面の強度分布が均一化される。断面強度分布均一化系はフライアイレンズとレンズの組み合わせ及び光パイプ（カレイドスコープ）の少なくとも一方を含む。また、偏光制御系 2 1 は、例えば光分割用の偏光ビームスプリッタと光分割用の偏光ビームスプリッタを含む。

【 0 0 3 0 】

断面強度分布均一化系 2 2 からのレーザ光は、走査光学系 2 3 により、照明光学系 2 の瞳面にフォーカスされ、走査光学系 2 3 の 2 次元走査用の一枚若しくは二枚のガルバノミラーを駆動装置 2 4 で駆動して回動させることによって、照明光学系 2 の瞳面に形成したレーザ光スポットを走査し、瞳面に、予め決めた形状及び大きさを持つ 2 次光源（有効光源）を形成する。この形状としては、円、有限の幅を持つ輪帯、四重極などがあり、この形状は、レチクル R e のパターンの種類や寸法に応じて自動的に或いは手動で選択される。走査光学系 2 3 からのレー

ザ光はマスクキングブレード結像系 2 5 を介してレチクル（不図示）に達し、レチクルを、上述した断面形状が矩形または円弧のスリット状に光で照明する。マスクキングブレード結像系 2 5 は、上記の瞳面の前方または後方にある、レチクルと光学的に共役な矩形または円弧のスリットを形づけるマスクキングブレードをレチクル上に結像するものである。

【 0 0 3 1 】

また、2 次元走査用の一枚若しくは二枚のガルバノミラーの光反射位置とレチクルの回路パターン位置とは光学的に共役な関係にあり、これらの関係にもとづき、ガルバノミラーの回動で順次生じる複数の 2 次光源像からの各光束をレチクルの同一領域に重畳して入射させることができる。

【 0 0 3 2 】

なお、照明光学系 2 の瞳面は投影光学系 3 の瞳面（開口絞りの）と光学的に共役な位置関係にあるので、照明光学系の瞳面での光強度分布は、実質的にそのまま、投影光学系 3 の瞳面に投影される。

【 0 0 3 3 】

図 4（A）は走査光学系 2 3 が 2 枚のガルバノミラーを有する場合の 2 枚のガルバノミラー GM 1、GM 2 の説明図である。

【 0 0 3 4 】

図 4（A）において、ガルバノミラー GM 1 は矢印の如く紙面内方向に振動し、ガルバノミラー GM 2 は紙面と垂直方向に振動し、これによって光軸に平行な平行光束 LL a を反射偏向して、平行光束として射出させ不図示の集光レンズ系を介して照明光学系の瞳面を光スポットで 2 次元的に走査して所望の形状の 2 次光源（有効光源）を形成する。

【 0 0 3 5 】

ガルバノミラー GM 1 の中心反射点 GM 1 a とガルバノミラー GM 2 の中心反射点 GM 2 a はレンズ系 L a 1、L a 2 によって略共役関係となっている。

【 0 0 3 6 】

図 4（B）は、走査光学系が 1 枚のガルバノミラーを有する場合の一枚のガルバノミラー GM 3 の説明図である。図 4（B）において、ガルバノミラー GM 3

は紙面内方向及び紙面と垂直な面内方向に振動することにより入射光束 $L L a$ を反射偏向して不図示の集光レンズ系を介して照明光学系の瞳面上を 2 次元的に走査して 2 次光源（有効光源）を形成する。

【 0 0 3 7 】

図 5（A）～（D）は走査光学系 2 3 を用いて照明光学系の瞳面上に形成される 2 次光源（有効光源）を示す説明図である。

【 0 0 3 8 】

図 5（A）が示す円形の 2 次光源は通常照明に用いられるものであり、 σ 値（ $=$ 照明光学系の NA / 投影光学系の NA ）が 0.5 ～ 0.7 程度となる大きさである。図 5（B）が示す円形の 2 次光源は σ 値が 0.3 ～ 0.4 程度となる大きさを持つものであり、位相シフトマスクを用いた時などの小 σ 照明に用いられるものであり、図 5（C）が示す輪帯状の 2 次光源は輪帯照明用のものであり、図 5（D）が示す 4 重極の 2 次光源は 4 重極照明用のものである。

【 0 0 3 9 】

第 3 演算器 2 6 は、レチクル $R e$ またはウエハ W の走査速度を V （ mm/sec ）、レチクル上の照明光（スリット）の幅を W （ mm ）、瞳面に一回 2 次光源を描くに必要な時間を T （ sec ）とすると、

$$W/V = nT \quad (n \text{ は整数}) \quad \cdots (a)$$

を満たすように、ガルバノミラー駆動装置 2 4 を制御してレーザ光スポットを走査する。これにより、ウエハ上のショット領域全体が互いに同じ形状の有効光源を使って投影露光されることになり、露光の均一化が達成される。

【 0 0 4 0 】

図 6 は図 3 の走査光学系 2 3 とマスキングブレード結像系 2 5 の位置関係を示す図である。

【 0 0 4 1 】

図 6 において、連続発振エキシマレーザ 1 からの光束は、偏光制御系 2 1 や断面強度分布均一化系 2 2 を介し走査光学系 2 3 に入射し、走査光学系 2 3 とレンズ系 1 1 1 を介して、面 1 1 3 上に 2 次光源（有効光源）1 1 2 を形成する。走査光学系は前述の式（a）を満たすように光スポットで照明光学系の瞳面を走

査している。

【0042】

2次光源112からの光束はレンズ系114によって複数の可動ブレード（遮光部材）を有するマスキングブレード116をケーラー照明している。マスキングブレード116は4枚の可動ブレードの相対するエッジでスリット状の開口（幅 W_a mm）を形作っている。尚、レンズ系114がフライアイレンズを含む場合もある。

【0043】

117はコリメーターレンズであり、マスキングブレード116を通過した光束を集光している。

【0044】

119はリレーレンズであり、コリメーターレンズ117からの光束を集光してレチクル（マスク）120上を光照射し、その上にスリット状照明域（幅 W mm）を形成している。121は投影光学系であり、レチクル120面上のパターンを半導体基板としてのウエハ122に縮小投影している。

【0045】

本実施例において、マスキングブレード116とレチクル120は、コリメーターレンズ7、リレーレンズ119よりなる光学系により略共役関係にある。また2次光源面113と投影光学系121の瞳面122とは略共役関係となるようにしている。

【0046】

123は移動制御系であり、レチクル120と半導体基板（ウエハ）122を不図示の駆動装置により投影光学系121の倍率と同じ比率で正確に一定速度で矢印方向に移動させている。

【0047】

これにより、レチクル120上のパターンをウエハ122に走査露光している。

【0048】

図7は本発明に係る投影光学系3のレンズ構成の要部断面図、図8は図7の投

影光学系の収差図である。図 8 において Y はウエハ W 面上での像高、S はサジタル像面、M はメリディオナル像面、NA は開口数を示す。

【 0 0 4 9 】

図 7 の投影光学系は、全てのレンズの材質が合成石英（SiO₂）より成り、投影倍率は 1 / 4 倍であり、像側の開口数は NA = 0. 6 5、物像間距離（レチクルーウエハ W 間距離）は L = 1 0 0 0 mm である。又、設計波長は 1 9 3 nm、画面範囲はウエハ上での露光領域の直径は、φ 2 7. 3 mm である。また、物体側（レチクル側）及び像面側（ウエハ側）においてほぼテレセントリックになっている。表 1 に図 7 の投影光学系のレンズデータを示す。

【 0 0 5 0 】

尚、表 1 において、r_i は物体側（レチクル側）より順に第 i 番目の面の曲率半径、d_i は物体側より順に第 i 番目のと第 i + 1 番目のレンズ厚又は空気間隔、n_i は物体側より順に第 i 番目のレンズの硝子の屈折率を示すものとする。非球面の形状は次式、

【 0 0 5 1 】

【数 1】

$$X = \frac{H^2/\eta}{1 + \left(1 - (1+k) \cdot \left(\frac{H}{\eta}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}}} + A \cdot H^4 + B \cdot H^6 + C \cdot H^8 + D \cdot H^{10} + E \cdot H^{12} + F \cdot H^{14} + G \cdot H^{16} + \dots$$

【 0 0 5 2 】

にて与えられるものとする。ここに、X はレンズ頂点から光軸方向への変位量、H は光軸からの距離、r_i は曲率半径、k は円錐定数、A, , G は非球面係数である。尚、露光波長 1 9 3 nm に対する石英の屈折率は 1. 5 6 0 2、とする。又、非球面の局所曲率パワー PH は、上記非球面の式 X を X (H) の関数として次式で与えられる。

【 0 0 5 3 】

$$PH = (N' - N) / \rho$$

$$\text{但し、} \rho = (1 + X'^2)^{3/2} / X''$$

N、N' は各々屈折面の前後の媒質の屈折率である。

【 0 0 5 4 】

図 4 の投影光学系は、レチクル R e 側より順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 L 1、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 L 2、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 L 3、負の屈折力を有する第 4 レンズ群 L 4、正の屈折力を有する第 5 レンズ群 L 5、負の屈折力を有する第 6 レンズ群 L 6、正の屈折力を有する第 7 レンズ群 L 7、により構成し、非球面を 7 面使用している。

【 0 0 5 5 】

第 1 レンズ群 L 1 は、像側（ウエハ側）に凸面を向けた平凸形状の非球面を有した正レンズ 1 枚により構成している。r 2 の非球面は局所曲率パワーの変化が正方向である領域を有しており、この非球面により、主に正の歪曲収差を発生させ、歪曲収差の補正に寄与している。

【 0 0 5 6 】

第 2 レンズ群 L 2 は、両凹形状（両レンズ面が凹形状）の非球面負レンズ 1 枚よりなる。r 3 の非球面は局所曲率パワーの変化が負方向である領域を有しており、又、レンズ群 L 1 の r 2 との関係においては、局所曲率パワーの変化が逆方向の領域を有している。

【 0 0 5 7 】

第 3 レンズ群 L 3 は、物体側から順に、像側に凸面を向けた平凸形状の正レンズ、物体側に凸面を向けた略平凸形状の非球面正レンズ、よりなる。

【 0 0 5 8 】

第 4 レンズ群 L 4 は、物体側から順に、両凹形状の負レンズ、両凹形状の非球面を有する負レンズ、よりなる。r 1 1 の非球面は局所曲率パワーの変化が負方向である領域を有しており、又、レンズ群 L 1 の r 2 との関係においては、局所曲率パワーの変化が逆方向の領域を有している。この非球面により、主に像面及びコマ収差等をバランス良く補正することに寄与している。

【 0 0 5 9 】

第 5 レンズ群 L 5 は、物体側より順に、像側に凸面を向けた略平凸形状の正レ

ンズ、両凸形状（両レンズ面が凸形状）の正レンズ、よりなる。

【0060】

第6レンズ群L6は、両凹形状の非球面の負レンズ1枚よりなる。この非球面により、主に強い負の屈折力により発生する球面収差やコマ収差を効果的に補正している。

【0061】

第7レンズ群L7は、物体側より順に、像側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ、両凸形状の非球面を有する正レンズ、物体側に凸面を向けた略平凸形状の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の2枚の正レンズ、像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ、よりなる。この第7レンズ群L7においては、物体面上の軸上から発した光束である軸上光束が高い位置において用いられている非球面は、主にこの強い正の屈折力を有する第7レンズ群にて発生する負の球面収差を補正するために用いられている。又、像面付近の凸面にて用いられている非球面は、主にコマ収差と歪曲収差をバランス良く補正するのに寄与している。

【0062】

本投影光学系は、特に絞りSP以前（レチクル側）に5面の非球面レンズを導入したことで、主に歪曲収差や非点収差、コマ収差等をバランス良く効果的に補正することができる。又、軸外主光線に影響の大きな面を非球面に設定して、軸外に関連した収差を主に補正するとともに他の収差補正の負担を軽減し、良好な光学性能を実現している。非球面レンズを7枚使用して、高開口数（高NA）でありながら合計で16枚の光学系を達成している。

【0063】

図7の投影光学系は全てのレンズの材質が合成石英（ SiO_2 ）より成る単色のレンズ系であったが、例えば、図7の投影光学系の第7レンズ群7の最もウエハ側のレンズ1～2枚や不図示のカバーガラスを蛍石（ CaF_2 ）により、構成することで、レンズ系の耐久性を上げてもいい。本発明において、実質的に単一の硝材より成るレンズ系とは、このような少々別の硝材を使う場合も含む。

【0064】

本発明に係る投影光学系の硝材として SiO_2 、 CaF_2 の他に BaF_2 、又は MgF_2 等も適用可能である。

【 0 0 6 5 】

【外1】

実施例1>

i	ri	di	ni	Obj-distance= 64.400
1	0.000	21.483	1.56020	
2	-234.177	32.837		
3	-217.725	11.000	1.56020	
4	417.996	33.850		
5	0.000	22.468	1.56020	
6	-187.357	0.700		
7	146.365	26.864	1.56020	
8	2044.065	74.989		
9	-217.939	11.000	1.56020	
10	218.942	19.185		
11	-111.200	11.000	1.56020	
12	162.388	83.304		
13	4095.070	42.510	1.56020	
14	-165.000	0.700		
15	203.723	45.798	1.56020	
16	-760.044	82.340		
17	-193.459	11.000	1.56020	
18	188.694	20.034		
19	0.0(stop)	68.080		
20	-2875.458	19.965	1.56020	
21	-387.830	0.700		
22	366.325	37.399	1.56020	
23	-613.820	45.002		
24	243.386	40.478	1.56020	
25	-4311.737	0.700		
26	181.915	35.797	1.56020	
27	981.126	0.700		
28	119.183	27.705	1.56020	
29	256.810	9.045		
30	770.652	11.000	1.56020	
31	80.000	10.112		
32	122.097	47.000	1.56020	
33	275.295			

aspherical surfaces

i	K	A	B	C	D
2	0.000000e+000	-1.114212e-007	1.080175e-011	-7.279118e-016	4.276504e-020
3	0.000000e+000	-7.330288e-008	1.877977e-011	-1.654304e-015	1.154005e-019
7	0.000000e+000	1.794366e-008	-1.746620e-012	2.819556e-016	-1.250857e-020
11	0.000000e+000	-1.072701e-007	-1.342596e-012	7.030022e-016	5.449568e-020
17	0.000000e+000	-1.232061e-008	1.881693e-012	2.948112e-017	-2.584618e-021
23	0.000000e+000	5.143208e-009	1.895658e-013	-2.954221e-018	5.204719e-023
32	0.000000e+000	2.598613e-008	5.141410e-012	-1.743487e-016	4.963194e-020

i	E	F	G
2	-7.962637e-025	0.000000e+000	0.000000e+000
3	-3.636200e-024	0.000000e+000	0.000000e+000
7	4.866995e-025	0.000000e+000	0.000000e+000
11	5.143056e-023	0.000000e+000	0.000000e+000
17	1.229520e-026	0.000000e+000	0.000000e+000
23	-5.427645e-028	0.000000e+000	0.000000e+000
32	-1.947370e-023	0.000000e+000	0.000000e+000

【0066】

図 9 は本発明の投影露光装置の実施形態 2 の要部概略図である。

【 0 0 6 7 】

図 9 において、図 1 の投影露光装置と同じ部材には図 1 と同一符号を付し、説明は省略する。図 9 の投影露光装置の図 1 のものとの違いは、連続発振エキシマレーザ 1 にパルス発振 A r F エキシマレーザ（中心波長 1 9 3 n m、半値幅 1 p m 以下）1 0 から出力されるパルス光を注入して連続発振エキシマレーザ 1 の発振波長を該パルス光の発振波長に一致させる機構を有する点である。このような手法を注入同期法（injection lock）という。

【 0 0 6 8 】

連続発振エキシマレーザ 1 では、発振開始後発振波長が設計値（通常、光学系を設計する際の波長と同一）に一致するまでに時間がかかったり、最悪の場合には設計値に一致しなかったりする。しかしながら、この注入同期法を用いて、連続発振エキシマレーザ 1 に、その設計波長と発振波長が同じでバンド幅が 1 p m 以下に狭帯域化されたパルス発振エキシマレーザ光を注入することで、連続発振エキシマレーザ 1 の発振波長を設計波長である 1 9 3 n m に発振開始時から一致させることができる。

【 0 0 6 9 】

パルス発振エキシマレーザ 2 0 1 から出力されるレーザ光の一部は半透過鏡 2 0 3 で反射して波長モニタ 2 0 4 に入射する。波長モニタ 2 0 4 はパルスレーザ光の波長を検出して演算器 2 0 2 に提供する。演算器 2 0 2 は、波長モニタ 2 0 4 の出力に基づいて、設計波長からのパルスレーザ光の現在の中心波長のずれ量を検出し、このずれ量に基づいてパルス発振エキシマレーザ 2 0 1 内の狭帯域化素子（例えば、プリズム、回折格子またはエタロン）を駆動することにより、パルス発振エキシマレーザ 2 0 1 の中心波長を設計波長である 1 9 3 n m に一致させる。したがって、中心波長が 1 9 3 n m に維持されたパルスレーザ光が連続発振エキシマレーザ 1 に注入される。この注入時に連続発振エキシマレーザ 1 の波長安定化機構（5, 6, 7, 9）を作動させるにより連続発振エキシマレーザ 1 の中心波長は素早く設計波長である 1 9 3 n m に一致する。また、その後は、連続発振エキシマレーザ 1 を再起動するまでは、注入同期を行う必要はない。注入

同期を止めても、波長安定化機構（5，6，7，9）が作動していれば、連続発振エキシマレーザ1から出力されるレーザ光の中心波長は一定に維持され、単色のレンズ系である投影光学系3において連続発振エキシマレーザ1からのレーザ光の波長変動に基づく光学特性（倍率，焦点位置，収差等）の変動が生じるのを防止し、レチクルの回路パターンを正確にウエハW上に投影することができる。

【0070】

また、波長安定化機構と光学特性補正手段の双方を設けなくて、常に注入同期法により連続発振エキシマレーザ1にレーザ光を注入する形態とすることもできる。

【0071】

本発明によれば、解像度が $0.09\mu\text{m}$ 以下パターン象が得られる投影露光装置も達成できる。この場合、エキシマレーザ1として連続発振するF2エキシマレーザ（中心波長 157nm 、半値幅 0.1pm 以下、好ましくは 0.08pm 以下）を使用する。

【0072】

図10は本発明の投影露光装置の実施形態3の要部概略図である。

【0073】

図10の投影露光装置の図1のものとの違いは、演算器8は波長計6からの信号よりエキシマレーザ1からの波長が設計波長とならない為に生ずる投影光学系の光学特性の変動を図1の実施形態と同様にして調整しているが、調整が完全でないとともに、第1調整器7によりレーザ1からの波長を調整している点である。

【0074】

波長計6の出力は第1演算器7にも入力され、第1演算器7及びピエゾ素子9による波長安定化手段の機構により連続発振エキシマレーザ1からの波長を調整している。

【0075】

第1演算器7は波長計6の出力を受け、それが示す現在の波長の設計波長からのずれを検出し、このずれ量に基づいて、ピエゾ素子9を駆動している。波長計

6、演算器7そしてピエゾ素子9はレーザ1からの波長を調整する波長安定化手段の一要素を構成している。これら演算器7とピエゾ素子9によりレーザ1からのレーザ光の共振用のミラーを光軸方向に微小変位させて共振器長を変えることによりレーザ1からの波長を調整している。これにより、単色のレンズ系である投影光学系3においてレーザ光の波長変動に基づく光学特性（倍率，焦点位置，収差等）の変動が生じるのを第2演算器8とともに防止でき、レチクルReの回路パターンを正確にウエハW上に投影できる。

【0076】

尚、波長計6、演算器7、ピエゾ素子9等を有する波長安定化手段を図6の実施形態2に適用しても良い。

【0077】

また、共振器長を変える手段としては、ミラーを変位させるものの他に、励起用のガスの圧力を変化させるものもある。

【0078】

また、本発明は半導体素子、液晶素子、撮像素子或いは磁気ヘッドなどのデバイスを製造する際に使用する、ステップ&リピート型の投影露光装置にも適用できる。

【0079】

以下、本発明の投影露光装置用いた半導体デバイスの製造方法の実施形態を説明する。

【0080】

図11は、本発明のデバイス（ICやLSI等の半導体チップ、或いは液晶パネルやCCD等）の製造方法のフローチャートである。これについて説明する。ステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう、ステップ2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、前記用意したマスク（レチクル）3とウエハ7と本発明の投影レンズとを用いてリソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。ステップ5（組立）は後工程と呼ばれ、ステップ4

によって作成されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ 6（検査）ではステップ 5 で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ 7）される。

【 0 0 8 1 】

図 1 2 は、上記ウエハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ 1 1（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ 1 2（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ 1 3（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ 1 4（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ 1 5（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ 1 6（露光）では本発明の投影露光装置によってレチクルの回路パターンをウエハに投影露光する。ステップ 1 7（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ 1 8（エッチング）では現像したレジスト以外の部分を削り取る。ステップ 1 9（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによってウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【 0 0 8 2 】

本実施形態の製造方法を用いれば、高集積度の半導体デバイスを容易に製造することができる。

【 0 0 8 3 】

【発明の効果】

本発明によれば光源手段に連続発振するエキシマレーザを用い、投影光学系に単色のレンズ系を用いても、レチクルのパターンを正確に基板上に投影することができる投影露光装置及びデバイス製造方法を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の投影露光装置の実施形態 1 の要部概略図

【図 2】 図 1 の連続発振エキシマレーザの概略図

【図 3】 図 1 の照明光学系の要部ブロック図

【図 4】 本発明に係る照明光学系の走査系の一部分の説明図

【図 5】 本発明に係る照明光学系の瞳面での 2 次光源像の説明図

【図 6】 本発明の投影露光装置の照明光学系の走査系とレチクル

【図 7】 図 1 の投影光学系のレンズ系の要部断面図

【図 8】 図 1 の投影光学系のレンズ系の収差図

【図 9】 本発明の投影露光装置の実施形態 2 の要部概略図

上の照明領域を示す説明図

【図 1 0】 本発明の投影露光装置の実施形態 3 の要部概略図

【図 1 1】 本発明のデバイス製造方法のフローチャート

【図 1 2】 本発明のデバイス製造方法のフローチャート

【符号の説明】

- 1 連続発振エキシマレーザ
- 2 照明光学系
- 3 投影光学系
- 4 可動ステージ
- 5 半透過鏡
- 6 波長モニタ
- 7 演算器
- 8 演算器
- 9 ピエゾ素子
- 2 0 1 パルス発振レーザ
- 2 0 3 ハーフミラー
- 2 0 4 波長モニター
- 2 0 2 演算器
- 1 0 1 レーザチャンバ
- 1 0 3 誘電体
- 1 0 4 スロット導波管
- 1 0 5 マイクロ波発振源
- 1 0 6 b ミラー

1 0 6 a アウトプットミラー

1 0 7 空間フィルター

R e レチクル

W ウエハ

2 1 偏光制御系

2 2 断面強度分布均一化系

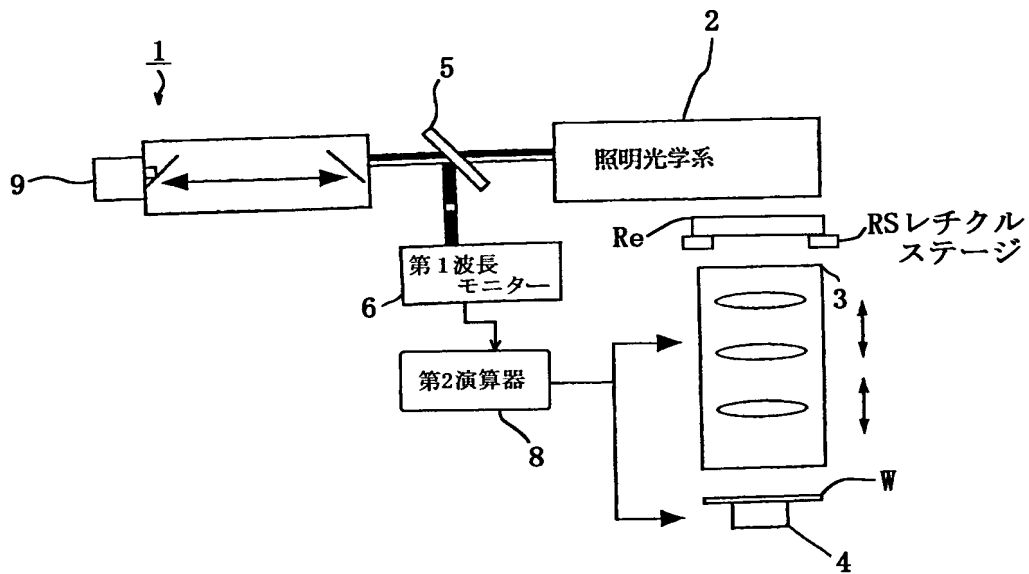
2 3 走査光学系

2 4 ガルバノミラー駆動装置

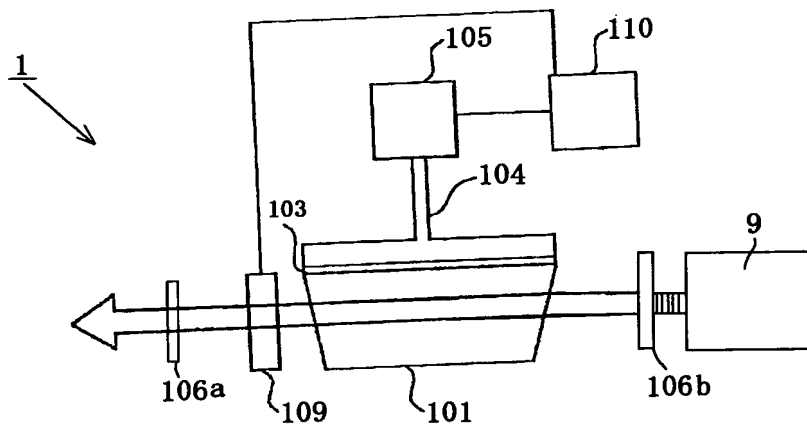
2 5 マスキングブレード結像系

【書類名】 図面

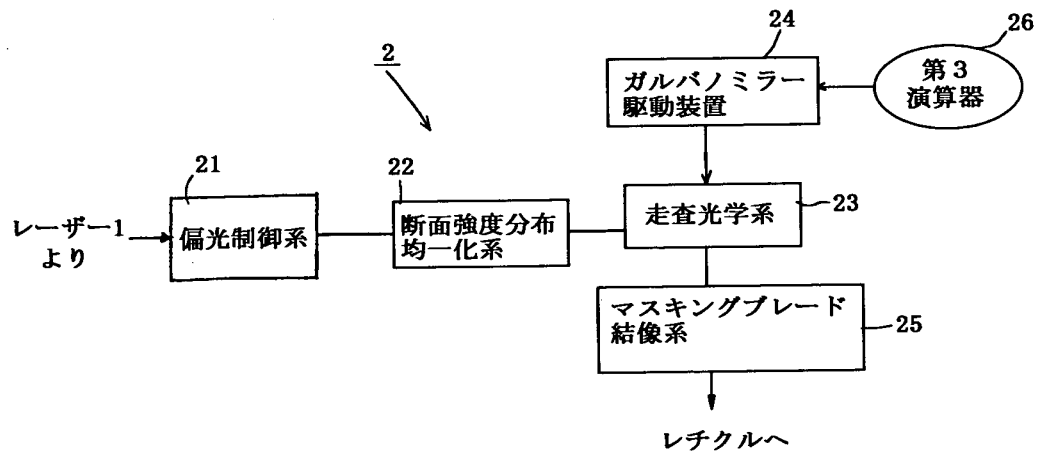
【図 1】



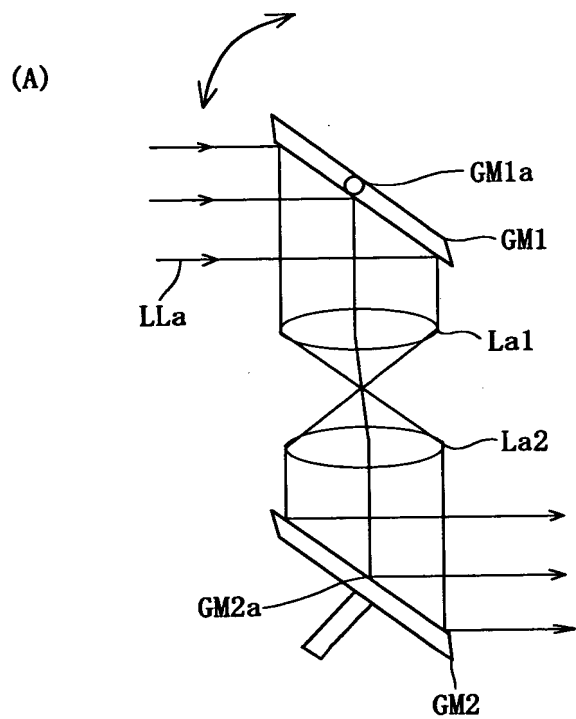
【図 2】



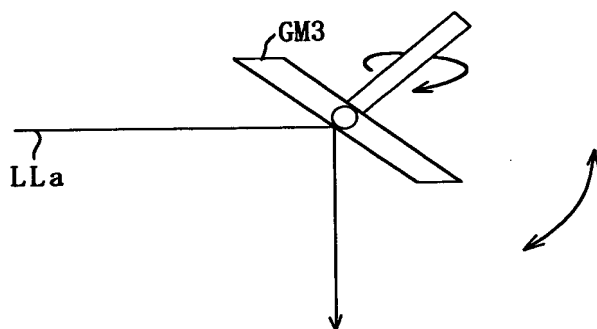
【図3】



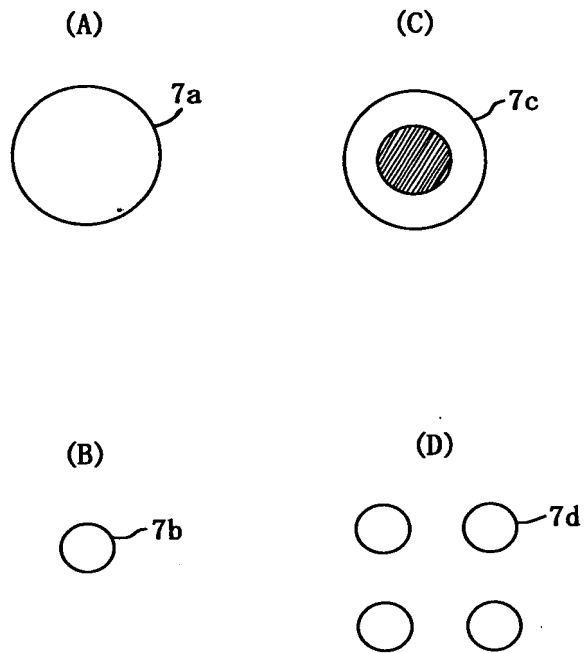
【図4】



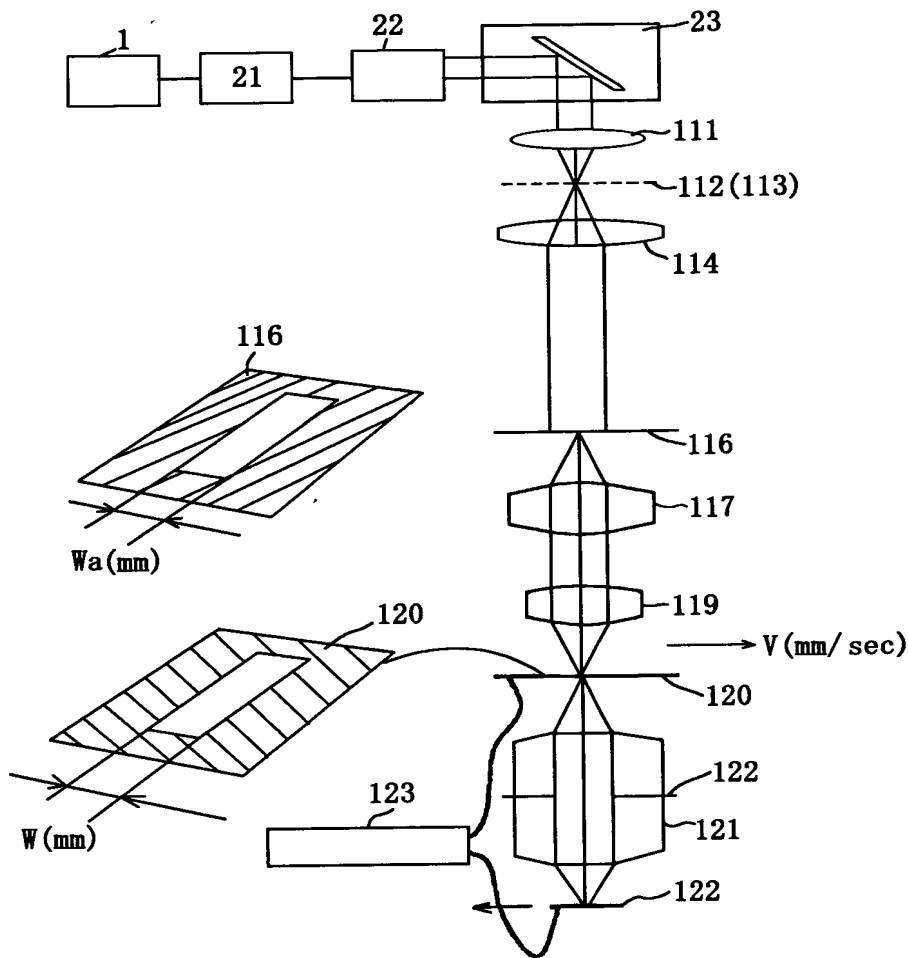
(B)



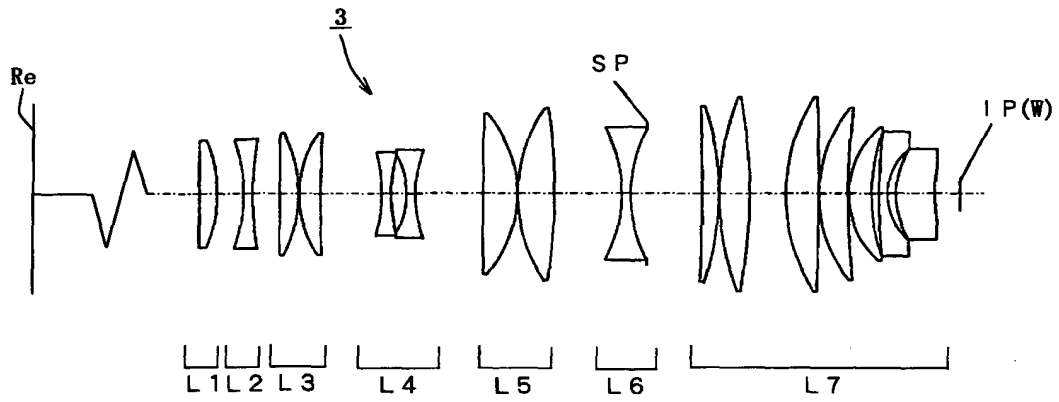
【図 5】



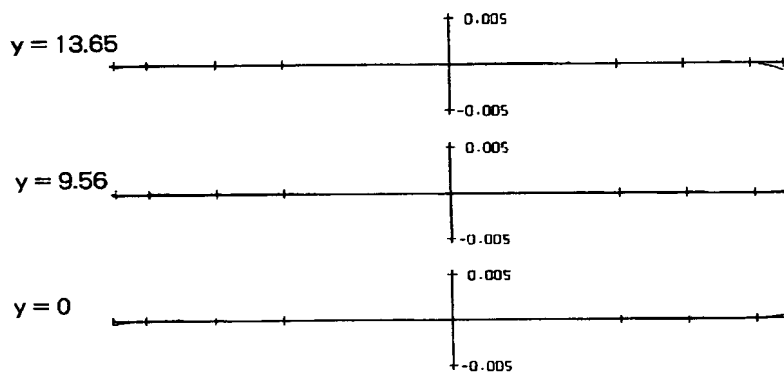
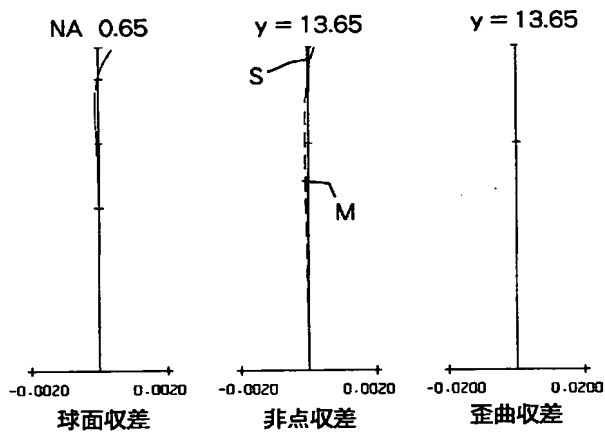
【図 6】



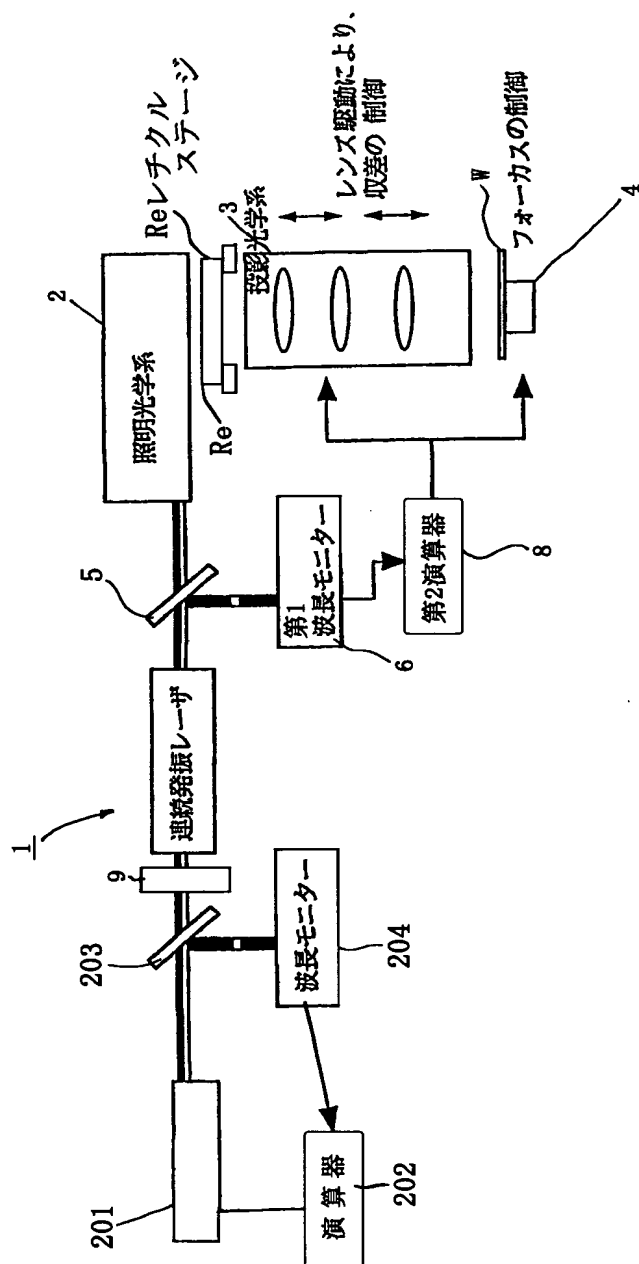
【図 7】



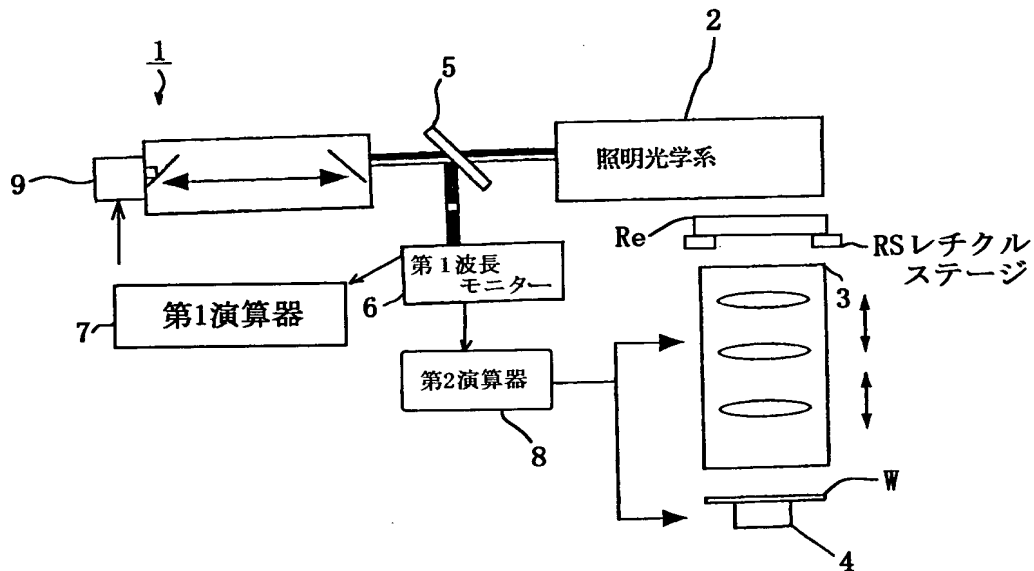
【图 8】



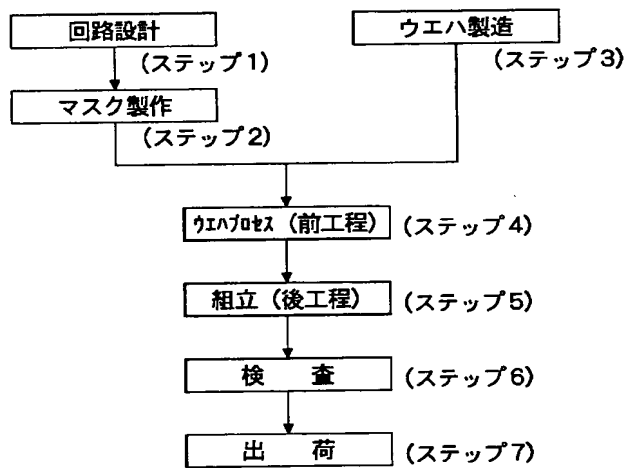
【図9】



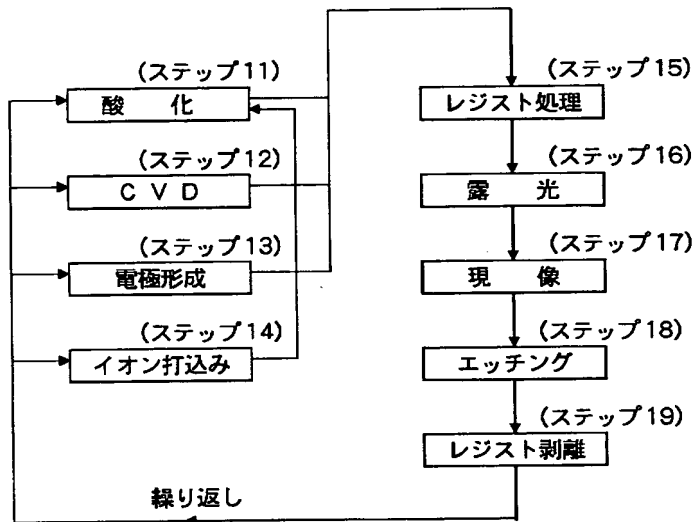
【図10】



【図11】



【図 1 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レチクルのパターンを正確に投影することができる投影露光装置及びそれを用いたデバイス製造方法を得ること。

【解決手段】 連続発振するエキシマレーザからのレーザ光で照明したレチクルのパターンを投影光学系により基板上に投影する投影露光装置において、前記投影光学系を実質的に単一の硝材より成るレンズ系で構成すると共に前記エキシマレーザの発振波長を検出する波長モニタからの信号を用いて、演算器によって該投影光学系の光学特性を調整したこと

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 1 0 0 7]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 3 0 日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名 キヤノン株式会社